



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 AOUT 2002

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 02.10.01 LIEU N° D'ENREGISTREMENT 01128843 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 02 OCT. 2001 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN Philippe DEQUIRE SGD/LG/PI - F35 - LADOUX 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
Vos références pour ce dossier (facultatif) P10-1388/MB/HS			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input checked="" type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie 704			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé et dispositif de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatiques.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		Société de Technologie MICHELIN	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		4 . 1 . 4 . 6 . 2 . 4 . 3 . 7 . 9	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	23 rue Breschet	
	Code postal et ville	63000	CLERMONT-FERRAND
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 02.10.01 LIEU N° D'ENREGISTREMENT 0112884 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Répondre à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		P10-1388/MB/HS	
6 MANDATAIRE			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7107 et 7112	
Adresse	Rue	23, place des Carmes Déchaux	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		04 73 10 71 71	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		04 73 10 86 96	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i>):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Philippe DEQUIRE - Salarié MFPM		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1b . / 2 . .

REMISE DES PIÈCES DATE 02.10.01 LIEU 35 N° D'ENREGISTREMENT 0112884 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier (facultatif) P10-1388/MB/HS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°	
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°	
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°	
5 DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale		MICHELIN Recherche et Technique S.A.	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		<input type="text"/>	
Code APE-NAF		<input type="text"/>	
Adresse	Rue	Route Louis Braille 10 et 12	
	Code postal et ville	1763	GRANGES-PACCOT
Pays		SUISSE	
Nationalité		Suisse	
N° de téléphone (facultatif)		<input type="text"/>	
N° de télécopie (facultatif)		<input type="text"/>	
Adresse électronique (facultatif)		<input type="text"/>	
5 DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale			
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		<input type="text"/>	
Code APE-NAF		<input type="text"/>	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)		<input type="text"/>	
N° de télécopie (facultatif)		<input type="text"/>	
Adresse électronique (facultatif)		<input type="text"/>	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.820 Philippe DEQUIRE - Salarié MFPM		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	



- 1 -

La présente invention concerne un procédé de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatique, un élément d'une sculpture de bande de roulement pour enveloppe de pneumatique qui est pourvu de moyens permettant de déterminer en continu le degré d'usure dudit élément lors du roulage de l'enveloppe sur un sol de roulage, une bande de roulement comportant ledit élément, et une enveloppe de pneumatique comportant cette bande de roulement. L'invention concerne également un ensemble monté pour véhicule automobile et un tel véhicule comportant des moyens pour déterminer en temps réel et en continu le degré d'usure de ladite enveloppe.

Il est connu de pourvoir de détecteurs d'usure les sculptures de bande de roulement des pneumatiques pour véhicules automobiles.

Le document de brevet allemand DE-A-197 45 734 divulgue (voir Figs. 2 et 3) un pneumatique dont la bande de roulement comporte dans sa masse une pluralité de fils métalliques qui forment des boucles électriquement conductrices s'étendant respectivement à des hauteurs différentes à l'intérieur d'une barette de sculpture de cette bande de roulement et qui sont reliés à un circuit de détection en dessous de ladite barette. Lors du roulage d'un véhicule équipé de ce pneumatique, ces boucles sont coupées l'une après l'autre pour former des interrupteurs ouverts, et le circuit de détection délivre un signal représentatif de ces coupures à une unité d'évaluation présente dans le véhicule.

Un inconvénient majeur de ce détecteur d'usure réside dans le fait que la détection d'usure est effectuée d'une manière discontinue, du fait qu'elle est fonction du nombre de boucles successivement coupées (i.e. d'interrupteurs ouverts).

On appelle « partie fixe » d'un véhicule, dans le cadre de la présente invention, le châssis du véhicule et les biellettes de suspension par opposition aux « parties tournantes » qui comprennent les roues, enveloppes de pneumatiques et les moyeux.

Un but de la présente invention est de proposer un procédé de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatique, c'est-à-dire qui permette de

déterminer ce degré d'usure à chaque instant, que ce soit lors du roulage d'un véhicule équipé de cette enveloppe ou bien à l'arrêt dudit véhicule.

Selon l'invention, ce procédé consiste à réaliser une mesure de capacité ou de résistance électrique à l'intérieur d'un élément de sculpture de ladite enveloppe, et à en
5 déduire la hauteur dudit élément par une relation reliant ladite capacité ou ladite résistance à ladite hauteur.

De préférence, ledit procédé consiste à utiliser à titre d'élément de sculpture un élément tel que ladite capacité ou ladite résistance sont directement proportionnelles à la hauteur dudit élément. En d'autres termes, ladite hauteur est alors une fonction linéaire
10 de ladite capacité ou de ladite résistance.

Il en résulte que le module d'acquisition ne requiert pas d'algorithme complexe (fonction de transfert linéaire) pour mesurer la hauteur de l'élément de sculpture.

Par élément de sculpture, on entend dans la présente description tout élément en relief de la bande de roulement qui est destiné à être en contact avec le sol de roulage, à
15 un moment ou à un autre (i.e. dès le début du roulage, ou après un début d'usure de cet élément). Cet élément peut ainsi être constitué d'un pain, par exemple de forme sensiblement parallélépipédique ou cylindrique, ou d'un « rib » ou nervure circonférentielle de section transversale variable (i.e. s'étend sur tout ou partie de la circonférence de la bande de roulement).

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit procédé consiste à réaliser cette mesure de capacité ou de résistance en prévoyant à l'intérieur de la bande de roulement un module électronique d'acquisition qui est connecté à l'élément de sculpture en dessous de ce dernier.

Selon un premier exemple de réalisation de l'invention, ledit procédé consiste à
25 mesurer la capacité à l'intérieur dudit élément de sculpture, en prévoyant de former au moins un condensateur dans ledit élément.

Ledit ou chaque condensateur peut être constitué de plaques électriquement conductrices formant des armatures qui sont séparées l'une de l'autre par une composition de caoutchouc électriquement isolante formant un diélectrique pour ledit
30 condensateur. Chacune de ces plaques peut être métallique, par exemple constituée de cuivre ou de laiton ou d'un autre métal compatible avec le caoutchouc utilisé, ou bien



- 3 -

constituée d'une composition de caoutchouc électriquement conductrice, par exemple comprenant du noir de carbone à titre de charge renforçante.

Ledit ou chaque condensateur peut également être constitué de fils métalliques, par exemple en cuivre ou en laiton.

5 On notera que l'utilisation d'un condensateur dans ledit élément de sculpture permet de minimiser l'énergie consommée, du fait que la puissance réactive caractérise ce condensateur.

Cette consommation d'énergie peut avantageusement être minimisée en interrogeant ledit module d'acquisition à l'arrêt du véhicule (à chaque démarrage par exemple, en introduisant la clef de contact), au moyen d'une unité centrale montée à 10 l'intérieur dudit véhicule.

Selon un second exemple de réalisation de l'invention, ledit procédé consiste à mesurer la résistance à l'intérieur dudit élément de sculpture, en prévoyant de former au moins une résistance électrique dans ledit élément. Comme précédemment, cette 15 résistance peut comporter des plaques électriquement conductrices (métalliques ou en caoutchouc électriquement conducteur) ou bien des fils métalliques tels que ceux précités.

On notera que les plaques précitées en relation avec ledit condensateur ou ladite résistance peuvent être planes ou non (de préférence, ces plaques sont planes). 20

Un autre but de la présente invention est de proposer un élément d'une sculpture de bande de roulement pour enveloppe de pneumatique, ledit élément comportant une base et un sommet qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale et qui définissent la hauteur dudit élément, ledit sommet étant destiné, lors du roulage de 25 l'enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact à un moment ou à un autre avec le sol, la structure dudit élément, en relation avec un module d'acquisition auquel il est relié, permettant de mesurer en continu l'usure de la bande de roulement.

A cet effet, un élément de sculpture selon l'invention comporte n couches conductrices mutuellement en regard et de même hauteur (n entier ≥ 2) et $n-1$ couche(s) 30 isolante(s) qui sont respectivement constituées de compositions de caoutchouc électriquement conductrices et isolante(s), deux couches conductrices adjacentes étant

séparées entre elles par une couche isolante qui les recouvre en totalité (cas (i)) ou en partie (cas (ii)) dans une direction normale à celle dudit sommet, de telle manière que ledit élément définisse au moins un condensateur dans ledit cas (i) ou au moins une résistance électrique dans ledit cas (ii) présentant respectivement une valeur de capacité C ou de résistance R représentative de la hauteur dudit élément.

Il en découle que la hauteur de cet élément de sculpture peut être déterminée à chaque instant en roulage à partir de la valeur de capacité du condensateur(s) ou de résistance(s) qu'il forme, cette valeur de capacité ou de résistance pouvant être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté à l'élément de sculpture en dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

On notera que dans le cas où ledit élément de sculpture est constitué d'un « rib » ou nervure circonférentielle de section transversale donnée, les couches conductrices et isolantes précitées s'étendent sur toute la circonférence de la bande de roulement.

On notera également que le condensateur ou la résistance qui sont formés dans cet élément de sculpture présentent l'avantage d'être constitués des compositions de caoutchouc qui constituent usuellement les bandes de roulement, ce qui facilite la fabrication de ces dernières et minimise ainsi leur coût.

De plus, cette constitution en caoutchouc dudit condensateur ou de ladite résistance confère une cohésion améliorée à la bande de roulement de l'enveloppe correspondante (par rapport à la cohésion entre des parties métalliques et en caoutchouc). Il résulte de cette cohésion améliorée que ladite enveloppe présente des performances, telles que l'usure ou l'adhérence, qui ne sont sensiblement pas dégradées au cours du roulage.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, lesdites couches conductrices sont toutes de niveau avec ledit sommet et ladite ou chaque couche isolante est de niveau avec ledit sommet dans ledit cas (i) et est en retrait dudit sommet dans ledit cas (ii).

Il en résulte que l'usure dudit élément de sculpture peut être mesurée en continu dès le début du roulage, pour un élément de sculpture en contact avec le sol de roulage dès le début du roulage.



- 5 -

Lesdites couches conductrices, d'une part, et ladite ou chaque couche isolante, d'autre part, sont par exemple de niveau avec ladite base.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, lesdites couches conductrices et isolante(s) sont rectangulaires et empilées l'une sur l'autre, de manière à
5 conférer audit élément une forme parallélépipédique.

Un élément de sculpture selon ce mode de réalisation de l'invention peut former un condensateur, étant constitué de deux couches électriquement conductrices et rectangulaires (parallèles ou non) qui sont appliquées sur une couche électriquement isolante de sorte que ces trois couches soient en regard l'une de l'autre et toutes trois de
10 niveau avec ladite base, d'une part, et avec ledit sommet, d'autre part. Les armatures et le diélectrique de ce condensateur sont respectivement constitués par lesdites couches conductrices et par ladite couche isolante.

A titre de variante, un élément de sculpture selon l'invention peut former plusieurs condensateurs en série, comportant par exemple trois couches électriquement
15 conductrices, identiques et de forme rectangulaire, deux couches électriquement isolantes étant respectivement appliquées entre une première et une seconde paire de couches conductrices adjacentes. Toutes ces couches sont également en regard l'une de l'autre et de niveau avec ladite base, d'une part, et avec ledit sommet, d'autre part. Les armatures et le diélectrique de ce condensateur sont respectivement constitués par
20 lesdites couches conductrices et par lesdites couches isolantes.

Un élément de sculpture selon l'invention peut également former une résistance, comportant deux couches électriquement conductrices, identiques et de forme rectangulaire, qui sont appliquées sur une couche électriquement isolante de telle sorte que ces couches soient en regard l'une de l'autre et soient toutes trois de niveau avec la
25 base seulement de l'élément de sculpture. Ladite couche isolante ne recouvre que partiellement chacune desdites couches conductrices, de manière que ces dernières soient reliées entre elles par une troisième couche conductrice médiane qui prolonge sur une hauteur déterminée (représentant la hauteur d'usure à mesurer) ladite couche isolante en direction du sommet de l'élément de sculpture, les trois couches
30 conductrices étant de niveau avec ledit sommet.

Selon un second mode de réalisation selon l'invention, lesdites couches conductrices et isolante(s) sont concentriques et positionnées l'une à l'intérieur de l'autre. Ces couches sont par exemple cylindriques et positionnées d'une manière coaxiale l'une contre l'autre, de manière à conférer audit élément une géométrie de cylindre ou de partie de cylindre plein.

Un élément de sculpture selon cette variante de l'invention peut par exemple former un condensateur, étant constitué de couches cylindriques et coaxiales de même hauteur, comprenant deux couches électriquement conductrices entre lesquelles est appliquée une couche électriquement isolante, de telle sorte que ces couches soient en regard l'une de l'autre et soient toutes trois de niveau avec ladite base, d'une part, et avec ledit sommet, d'autre part. Les armatures et le diélectrique de ce condensateur sont respectivement constitués par lesdites couches conductrices et par ladite couche isolante.

Selon un autre aspect de l'invention, ledit élément est constitué d'une composition de caoutchouc électriquement isolante dans laquelle sont noyés au moins deux fils identiques parallèles entre eux et électriquement conducteurs, de manière à former au moins un condensateur (un condensateur unique ou plusieurs condensateurs montés en série) dont le diélectrique et les armatures sont respectivement formées par ladite composition isolante et lesdits fils, ledit condensateur présentant une valeur de capacité à chaque instant qui est représentative de la hauteur dudit élément à cet instant.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, lesdits fils sont de niveau avec ladite base, d'un part, et avec ledit sommet, d'autre part.

Il en découle que la hauteur de cet élément de sculpture peut être déterminée en roulage à partir de la valeur de capacité du ou des condensateur(s) qu'il forme, laquelle valeur de capacité pouvant être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté à l'élément de sculpture en dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Une bande de roulement d'enveloppe de pneumatique selon l'invention est telle qu'elle comporte au moins un élément de sculpture tel que l'un de ceux précités.



- 7 -

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite bande de roulement comporte dans sa masse un module électronique d'acquisition qui est connecté audit ou à chaque élément au-dessous de ce dernier et qui est adapté pour mesurer la valeur de capacité ou de résistance dudit ou desdits condensateur(s) dans ledit cas (i) ou de ladite
5 ou desdites résistance(s) dans ledit cas (ii), et pour en déduire la hauteur dudit ou de chaque élément de sculpture lors du roulage de ladite enveloppe de pneumatique.

A titre d'exemple, ledit module d'acquisition est en outre adapté pour émettre des signaux représentatifs desdites valeurs de capacité ou de résistance en direction d'une unité centrale montée à l'intérieur d'un véhicule équipé de ladite enveloppe de
10 pneumatique:

Une enveloppe de pneumatique selon l'invention est telle qu'elle comporte une bande de roulement telle que susmentionnée.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, ladite enveloppe est telle que sa bande de roulement comporte à titre d'élément de sculpture selon l'invention un
15 élément constitué d'un « rib » ou nervure circonférentielle, qui s'étend sur toute la circonférence de la bande de roulement.

Selon un autre exemple de réalisation de l'invention, ladite enveloppe est telle que sa bande de roulement comporte à titre d'élément de sculpture selon l'invention un élément constitué d'un « témoin d'usure », i.e. d'un élément par exemple en forme de
20 pain ou de nervure de hauteur sensiblement inférieure à celle des sculptures de la bande de roulement.

Un autre but de la présente invention est de proposer un véhicule automobile équipé d'enveloppes de pneumatique dont les bandes de roulement respectives
25 comportent chacune des éléments de sculpture comportant chacun une base et un sommet qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale et qui définissent la hauteur dudit élément, ledit sommet étant destiné, lors du roulage de ladite enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact à un moment ou à un autre avec ledit sol, ledit véhicule comportant des moyens pour mesurer en continu l'usure de l'une au moins
30 desdites enveloppes, ces moyens n'incluant pas le moindre composant électriquement actif dans l'enveloppe.

A cet effet, un véhicule automobile selon l'invention est tel que l'un au moins des éléments de sculpture de l'une au moins desdites enveloppes comporte n couches conductrices mutuellement en regard et de même hauteur (n entier ≥ 2) et $n-1$ couche(s) isolante(s) qui sont respectivement constituées de compositions de caoutchouc électriquement conductrices et isolante(s), deux couches conductrices adjacentes étant
5 séparées entre elles par une couche isolante qui les recouvre en totalité dans une direction normale à celle dudit sommet, de manière que ledit élément définisse un condensateur présentant une valeur de capacité qui est représentative de la hauteur dudit élément,

10 la bande de roulement de ladite ou chaque enveloppe comportant dans sa masse un circuit oscillant comportant une inductance montée en dessous dudit élément de sculpture et ledit condensateur aux armatures duquel ladite inductance est reliée, ledit circuit oscillant étant couplé à un circuit d'interrogation solidaire d'une partie fixe, dudit véhicule adjacente à l'enveloppe ou bien solidaire de la roue sur laquelle est montée
15 ladite enveloppe, ledit circuit d'interrogation étant pourvu d'un générateur d'énergie à balayage de fréquence et de moyens de détection prévus pour détecter la fréquence d'accord entre lesdits circuits, pour déduire de cette fréquence d'accord la valeur de capacité dudit condensateur, et pour déduire de cette valeur de capacité la hauteur de l'élément de sculpture.

20 On notera que cette enveloppe de pneumatique ne comporte dans sa masse que des composants électriquement passifs.

On notera également que dans le cas où ledit circuit d'interrogation est monté solidaire de la roue sur laquelle est montée ladite enveloppe, l'ensemble roue-enveloppe constituant ainsi un ensemble monté selon l'invention, ce circuit d'interrogation peut
25 être par exemple monté sur la valve dont est pourvue la roue (on parle dans ce cas de valve instrumentée) ou bien sur un module de mesure de la pression interne à l'enveloppe dont peut être pourvue ladite roue.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, ledit circuit d'interrogation comporte un générateur d'énergie à balayage de fréquence, un condensateur, une
30 inductance couplée à l'inductance dudit circuit oscillant et une résistance, et lesdits

moyens de détection de la fréquence d'accord sont par exemple montés aux bornes de cette résistance pour mesurer la tension à ces bornes.

Les caractéristiques précitées de la présente invention, ainsi que d'autres, seront
5 mieux comprises à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation de l'invention, donné à titre illustratif et non limitatif, ladite description étant réalisée en relation avec les dessins joints, dans lesquels :

la Fig. 1 est une vue schématique et en perspective d'un élément de sculpture selon un premier exemple d'un premier mode de réalisation de l'invention,

10 la Fig. 2 est une vue schématique et en perspective d'un élément de sculpture selon un second exemple dudit premier mode de réalisation de l'invention,

la Fig. 3 est une vue schématique et en perspective d'un élément de sculpture selon un second mode de réalisation de l'invention,

la Fig. 4 est une vue schématique et en perspective d'un élément de sculpture
15 selon un troisième exemple dudit premier mode de réalisation de l'invention,

la Fig. 5 est une vue schématique et en perspective d'un élément de sculpture selon un troisième mode de réalisation de l'invention,

la Fig. 6 est un graphique expérimental illustrant la relation entre la hauteur de l'élément de sculpture de la Fig. 1, représenté latéralement en médaillon, et la capacité
20 du condensateur constitué par cet élément,

la Fig. 7 est un graphique expérimental illustrant la relation entre la hauteur de l'élément de sculpture de la Fig. 2, représenté latéralement en médaillon, et la capacité du condensateur constitué par cet élément,

la Fig. 8 est un graphique expérimental illustrant la relation entre la hauteur de
25 l'élément de sculpture de la Fig. 4, représenté latéralement en médaillon, et la valeur de la résistance constituée par ledit élément,

la Fig. 9 est une vue schématique et en perspective d'un système selon un exemple de réalisation de l'invention pour déterminer la hauteur de cet élément de sculpture.

L'élément de sculpture 1 de la Fig. 1 présente dans cet exemple une forme parallélépipédique. Il est délimité par une base 2, un sommet 3 destiné à évoluer sur le sol lors du roulage d'une enveloppe de pneumatique dont la bande de roulement comporte un tel élément 1, et des faces latérales 4 qui relient le sommet 3 à la base 2.

5 Cet élément de sculpture 1 est constitué de deux couches électriquement conductrices 5a et 5b, identiques et de forme rectangulaire (de hauteur H et de largeur L), qui sont appliquées sur une couche électriquement isolante 6 (d'épaisseur e) de telle sorte que les couches 5a, 5b et 6 soient en regard l'une de l'autre et soient toutes trois de niveau avec ladite base 2, d'une part, et avec ledit sommet 3, d'autre part.

10 Comme on peut le voir à la Fig. 1, cet empilement de couches 5a, 5b, 6 forme un condensateur, dont les armatures et le diélectrique sont respectivement constitués par les couches conductrices 5a et 5b et par la couche isolante 6.

La capacité C de ce condensateur est donnée par la formule :

$$15 \quad C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{L \cdot H}{e} \quad (1),$$

où ϵ_0 est la permittivité du vide et ϵ_r la permittivité relative du diélectrique.

Il en découle que la hauteur H des éléments de sculpture 1 d'un pneumatique en roulage peut être déterminée à partir de la valeur de la capacité du condensateur
20 correspondant, laquelle capacité pouvant par exemple être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté à l'élément 1 au-dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Ce module d'acquisition peut être adapté pour émettre des signaux représentatifs de ces mesures de capacité en direction d'une unité centrale montée à l'intérieur du
25 véhicule équipé de ce pneumatique et qui est destinée à informer en continu le conducteur de l'usure des éléments de sculpture 1.

Des essais réalisés sur une éprouvette présentant la structure de condensateur précitée en relation avec la Fig. 1 confirment d'une manière satisfaisante cette relation de proportionnalité entre la hauteur H et la capacité C, comme le montre le graphique de
30 la Fig. 6. Cette éprouvette présente une hauteur initiale H_i de 46 mm et une couche isolante 6 d'épaisseur e égale à 2 mm.

La composition de caoutchouc utilisée dans cette éprouvette pour la couche isolante 6 est du type de celle utilisée dans les bandes de roulement de pneumatique de dénomination « MXT ENERGY », c'est-à-dire qu'elle présente une résistivité comprise entre 10^{14} et 10^{15} Ω .cm. Cette composition est à base d'un coupage d'un copolymère styrène/butadiène préparé en solution (S-SBR) et d'un polybutadiène (BR), et elle comprend 80 pce de silice « ZEOSIL 1165 MP » à titre de charge renforçante.

La composition de caoutchouc utilisée pour les couches conductrices 5a et 5b présente une résistivité voisine de 10^5 Ω .cm, elle est à base d'un coupage S-SBR / BR, et elle comprend 60 pce de noir de carbone « N234 » à titre de charge renforçante.

La courbe « exp » représente les résultats obtenus pour une telle éprouvette, en comparaison de deux courbes théoriques obtenues par l'équation (1), respectivement pour $e = 2$ mm et pour $e = 1,5$ mm. On a symbolisé l'usure par des flèches U.

Pour la description des Figs. suivantes, on a utilisé des références numériques augmentées de 10 pour identifier des éléments qui par leur structure ou leur fonction sont analogues aux éléments précités en relation avec la Fig. 1.

L'élément de sculpture 11 de la Fig. 2 se différencie uniquement de l'élément 1 de la Fig. 1 en ce qu'il est constitué de trois couches électriquement conductrices 15a, 15b et 15c, identiques et de forme rectangulaire (de hauteur H et de largeur L), deux couches électriquement isolantes 16a et 16b (d'épaisseurs respectives e_1 et e_2) étant respectivement appliquées, d'une part, entre les couches conductrices 15a et 15b et, d'autre part, entre les couches conductrices 15b et 15c.

Ces couches 15a, 16a, 15b, 16b, 15c sont également en regard l'une de l'autre et de niveau avec la base 12, d'une part, et avec le sommet 13, d'autre part, de telle sorte que cet empilement forme deux condensateurs disposés en série dont les armatures et le diélectrique sont respectivement constitués par deux couches conductrices adjacentes 15a et 15b ou 15b et 15c et par les couches isolantes 16a ou 16b.

La capacité totale C de ces condensateurs est donnée par la formule :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{L \cdot H}{e_1 + e_2} \quad (2).$$

Comme précédemment, il en découle que la hauteur H des éléments de sculpture 11 d'un pneumatique en roulage peut être déterminée à chaque instant à partir de la valeur de la capacité totale des condensateurs correspondants, laquelle capacité pouvant
 5 par exemple être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté au condensateur formé par l'élément 11 au-dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Ce module d'acquisition peut être adapté pour émettre des signaux représentatifs de ces mesures de capacité en direction d'une unité centrale à l'intérieur du véhicule, qui
 10 est destinée à informer en continu le conducteur de l'usure des éléments 11.

Des essais réalisés sur une éprouvette présentant la structure de condensateurs en série précitée en relation avec la Fig. 2 confirment d'une manière satisfaisante cette relation de proportionnalité entre la hauteur H et la capacité C , comme le montre le
 15 graphique de la Fig. 7. Cette éprouvette présente une hauteur initiale H_i de 48 mm et des couches isolantes 16a et 16b présentant chacune une même épaisseur égale à 2 mm.

Les compositions de caoutchouc utilisées dans cette éprouvette pour chaque couche isolante 16a, 16b et pour chaque couche conductrice 15a, 15b, 15c sont respectivement les mêmes que celles utilisées pour la couche isolante 6 et chaque
 20 couche conductrice 5a, 5b, en référence à la Fig. 6.

La courbe « exp » représente les résultats obtenus pour cette éprouvette, en comparaison de deux courbes théoriques obtenues par l'équation (2), respectivement pour $e_1=e_2=2$ mm et 1,5 mm. On a symbolisé la direction d'usure par des flèches U .

25 L'élément de sculpture 21 de la Fig. 3 présente dans cet exemple une forme cylindrique et est délimité par une base 22, un sommet 23, et des faces latérales 24, à l'instar de l'élément 1 de la Fig. 1.

Cet élément de sculpture 21 est constitué de couches cylindriques et coaxiales 25a, 25b, 26 (présentant une même hauteur H), comprenant deux couches
 30 électriquement conductrices 25a et 25b, entre lesquelles est appliquée une couche électriquement isolante 26, de telle sorte que ces couches 25a, 25b et 26 soient en regard

l'une de l'autre et soient toutes trois de niveau avec la base 22, d'une part, et avec le sommet 23, d'autre part. La couche conductrice radialement interne 25a et la couche isolante 26 présentent respectivement des rayons R_1 et R_2 (cette couche isolante 26 présentant par conséquent une épaisseur égale à $R_2 - R_1$).

5 Comme on peut le voir à la Fig. 3, cet empilement de couches 25a, 25b, 26 forme un condensateur, dont les armatures et le diélectrique sont respectivement constitués par les couches conductrices 25a et 25b et par la couche isolante 26.

La capacité C de ce condensateur est donnée par la formule :

$$10 \quad C = \frac{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r H}{\text{Log} (R_2/R_1)} \quad (3).$$

Comme précédemment, il en découle que la hauteur H des éléments de sculpture 21 d'un pneumatique en roulage peut être déterminée à chaque instant à partir de la
15 valeur de la capacité du condensateur correspondant, laquelle capacité pouvant par exemple être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté au condensateur formé par l'élément 21 au-dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Ce module d'acquisition peut être adapté pour émettre des signaux représentatifs
20 de ces mesures de capacité en direction d'une unité centrale à l'intérieur du véhicule; qui est destinée à informer en continu le conducteur de l'usure des éléments 21.

L'élément de sculpture 31 de la Fig. 4 présente dans cet exemple une forme parallélépipédique, délimitée par une base 32, un sommet 33 et des faces latérales 34.

25 Cet élément de sculpture 31 comporte deux couches électriquement conductrices 35a et 35b, identiques et de forme rectangulaire (de largeur L), qui sont appliquées sur une couche électriquement isolante 36 (d'épaisseur e) de telle sorte que les couches 35a, 35b et 36 soient en regard l'une de l'autre et soient toutes trois de niveau avec la base 2 seulement de l'élément 31.

30 Comme on peut le voir à la Fig. 4, la couche isolante 36 ne recouvre que partiellement chacune des couches conductrices 35a et 35b, de manière que ces dernières soient reliées entre elles par une troisième couche conductrice médiane 35c

(également d'épaisseur e) qui prolonge sur une hauteur H la couche isolante 36 en direction du sommet 33 de l'élément 31, les trois couches conductrices 35a, 35b, 35c étant de niveau avec ledit sommet 33.

Il en résulte de la présence de la couche conductrice médiane 35c et isolante 36
5 entre les couches conductrices 35a et 35b que l'élément 31 forme une résistance électrique, dont la valeur R satisfait à la formule :

$$R = \rho \frac{e}{L \cdot H} \quad (4),$$

10 Où ρ est la résistivité de la couche isolante 36.

En définissant l'élément de sculpture 31 comme présentant une hauteur relative vis-à-vis des surfaces immédiatement adjacentes de la bande de roulement du pneumatique (ces surfaces de référence sont représentées en pointillés à la Fig. 4) qui est
15 égale à la hauteur H de ladite couche conductrice médiane 35c, il découle de la formule (4) que la hauteur H des éléments de sculpture 31 d'un pneumatique en roulage peut être déterminée à chaque instant à partir de la valeur de la résistance correspondante, laquelle résistance pouvant par exemple être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté à la résistance formée par l'élément 31 au-dessous de ce
20 dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Ce module d'acquisition peut être adapté pour émettre des signaux représentatifs de ces mesures de résistance en direction d'une unité centrale à l'intérieur du véhicule, qui est destinée à informer en continu le conducteur de l'usure des éléments 31.

On notera que l'usure de l'élément de sculpture 31 correspondant à une valeur
25 nulle de la hauteur H de la couche conductrice médiane 35c (i.e. de la hauteur relative de cet élément 31), est atteinte pour une valeur de résistance R en théorie infinie (très élevée en pratique).

Des essais réalisés sur une éprouvette présentant la structure de résistance précitée en relation avec la Fig. 4 confirment d'une manière relativement satisfaisante
30 cette relation de proportionnalité entre la hauteur relative H et la résistance R , comme le montre le graphique de la Fig. 8 dans lequel la résistance R est mesurée en fonction de la différence de hauteur $H-H_i$ ou perte de hauteur (cette éprouvette présente une hauteur

- 15 -

initiale H_i de 15 mm et une couche isolante 36 d'épaisseur e égale à 5 mm). On a symbolisé la direction d'usure par la flèche U.

La composition de caoutchouc utilisée dans cette éprouvette pour la couche isolante 36 est du type de celle utilisée dans les bandes de roulement de pneumatique de
 5 dénomination « MXT ENERGY », c'est-à-dire qu'elle présente une résistivité comprise entre 10^{14} et 10^{15} Ω .cm. Cette composition est à base d'un coupage S-SBR/ BR, et elle comprend 80 pce de silice « ZEOSIL 1165 MP » à titre de charge renforçante.

La composition de caoutchouc utilisée pour les couches conductrices 35a, 35b et 35c présente une résistivité voisine de 10^5 Ω .cm, elle est à base d'un coupage S-SBR /
 10 BR, et elle comprend 60 pce de noir de carbone « N234 » à titre de charge renforçante.

L'élément de sculpture 41 de la Fig. 5 présente dans cet exemple une forme parallélépipédique délimitée par une base 42, un sommet 43 et des faces latérales 44.

Cet élément de sculpture 41, de hauteur H et de largeur L , est constitué d'une
 15 composition de caoutchouc électriquement isolante 46 dans laquelle sont noyés deux fils identiques 45a et 45b (représentés en pointillés à la Fig. 5) parallèles entre eux et électriquement conducteurs, de manière à former un condensateur dont le diélectrique et les armatures sont respectivement formées par ladite composition isolante 46 et lesdits
 20 fils 45a et 45b. Ces derniers sont distants l'un de l'autre d'une distance e , et ils présentent chacun un même diamètre D et une même hauteur H , de manière qu'ils soient de niveau avec la base 42 et le sommet de l'élément 41. La capacité C de ce condensateur est donnée par la formule :

$$C = \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_r H}{\text{Arcch}(e/D)} \quad (5),$$

où Arcch est la fonction argument du cosinus hyperbolique.

Comme précédemment, il en découle que la hauteur H des éléments de sculpture
 30 41 d'un pneumatique en roulage peut être déterminée à chaque instant à partir de la valeur de la capacité du condensateur correspondant, laquelle capacité peut par exemple

être mesurée par un module électronique d'acquisition qui est connecté au condensateur formé par l'élément 41 au-dessous de ce dernier, à l'intérieur de la bande de roulement.

Ce module d'acquisition peut être adapté pour émettre des signaux représentatifs de ces mesures de capacité en direction d'une unité centrale à l'intérieur du véhicule, qui
5 est destinée à informer en continu le conducteur de l'usure des éléments 41.

La Fig. 9 illustre un exemple de réalisation selon l'invention d'un système de mesure 50 en temps réel et en continu de l'usure en roulage d'une bande de roulement 60 d'un pneumatique, ce système 50 étant destiné à équiper un véhicule automobile.

10 Cette bande de roulement 60, représentée partiellement et en perspective à la Fig. 9, comporte une pluralité d'éléments de sculpture 61 dont l'un au moins est conforme à la présente invention et forme un condensateur dont la valeur de capacité C est proportionnelle à la hauteur dudit élément 61. Ce condensateur 61 peut par exemple être du type de celui décrit en référence à l'une des Figs. 1, 2 ou 3 (dans l'exemple de la
15 Fig. 9, il s'agit du condensateur selon la Fig. 1).

On comprendra que plusieurs ou tous les éléments de sculpture 61 de la bande de roulement 60 pourraient être constitués d'un tel condensateur selon l'invention.

Le système de mesure 50 comporte, d'une part, un circuit d'interrogation 70 (ou circuit primaire) et, d'autre un circuit oscillant 80 (ou circuit secondaire) couplé par voie
20 électromagnétique au précédent et monté dans la bande de roulement 60.

Ce circuit d'interrogation 70 est monté solidaire d'une partie fixe du véhicule (non représentée), telle que le garde-boue adjacent au pneumatique, ou bien il est monté solidaire de la roue, par exemple sur la valve de celle-ci ou sur un module de mesure de la pression interne dont la roue est pourvue.

25 Dans cet exemple de réalisation, le circuit d'interrogation 70 comporte un générateur d'énergie à balayage de fréquence 71, une résistance 72, un condensateur 73 et une antenne 74 formée par une inductance. On notera que ce circuit 70 pourrait être dépourvu de résistance 72, i.e. comportant un condensateur 73 associé à une inductance 74.

30 Le circuit oscillant 80, électriquement passif, est un circuit « LC » comportant une antenne 81, formée par une inductance qui est reliée aux armatures 65a et 65b du

condensateur formé par l'élément de sculpture 61. Cette inductance 81 est située en dessous dudit élément 61, à l'intérieur de la bande de roulement 60, et elle est couplée (voir flèche C) à l'inductance 74 du circuit 70.

Le circuit d'interrogation 70 est pourvu d'un moyen de détection 75 des fréquences d'accord f_0 (encore appelées fréquences de résonance f_r) entre le circuit oscillant 80 et le circuit d'interrogation 70. Ce moyen de détection 75 est monté aux bornes de la résistance 72, et il est par exemple destiné à mesurer l'amplitude de la tension à ces bornes, laquelle passe par un optimum (absorption d'énergie) lorsqu'il y a accord de fréquence f_0 entre les deux circuits.

Ce système 50 fonctionne de la manière suivante pour mesurer la hauteur H de l'élément de sculpture 61.

On fait varier en continu la fréquence d'alimentation du générateur 71, et l'on mesure la tension aux bornes de la résistance 72 pour déterminer la fréquence d'accord f_0 du circuit oscillant 80 avec le circuit d'interrogation 70 qui lui est couplé, et l'on déduit de cette valeur f_0 la valeur de la capacité C du condensateur formé par l'élément 61, au moyen de la relation liant fréquence d'accord f_0 (ou pulsation d'accord ω_0) et ladite capacité C :

$$\omega_0^2 \cdot L \cdot C = 1 \text{ (L étant le coefficient d'auto-induction de l'inductance 81),}$$

$$\text{soit, avec } \omega_0 = 2\pi f_0 :$$

$$(2\pi f_0)^2 \cdot L \cdot C = 1.$$

On en déduit la hauteur H précitée en utilisant l'une ou l'autre des formules (1), (2) ou (3) précitées respectivement en relation avec les Figs. 1, 2 et 3.

On notera que le système 50 de mesure de la hauteur H de l'élément de sculpture 61 est adapté pour mesurer d'une manière indirecte la capacité C du condensateur formé par ledit élément 61 (au moyen de la fréquence d'accord f_0), contrairement au module d'acquisition précité en relation avec les Figs. 1, 2, 3 et 5 qui effectue des mesures directes de capacité.

De plus, ce système 50 présente l'avantage de ne comporter qu'un circuit électrique passif à l'intérieur du pneumatique, du fait que la détection d'usure est opérée à distance (que ce soit sur une partie fixe du véhicule ou sur la roue).

- 18 -

Le procédé et les dispositifs selon l'invention ont un avantage décisif de permettre de connaître à tout instant le degré d'usure d'un enveloppe de pneumatique. Bien entendu, il n'est pas nécessaire de réaliser à chaque instant cette mesure de l'usure, mais de façon échantillonnée dans le temps.

REVENDICATIONS

1) Procédé de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatique, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser une mesure de capacité ou de résistance électrique à l'intérieur d'un élément de sculpture (1, 11, 21, 41) de ladite enveloppe, et à en déduire la hauteur dudit élément (1, 11, 21, 41) par une relation de proportionnalité reliant directement ladite capacité ou ladite résistance à ladite hauteur.

2) Procédé de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser ladite mesure des valeurs de capacité ou de résistance au moyen d'un module d'acquisition desdites valeurs qui est prévu dans ladite enveloppe.

3) Procédé de mesure en continu du degré d'usure d'une enveloppe de pneumatique selon la revendication 1, ladite enveloppe équipant un véhicule automobile et étant montée sur une roue, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser une mesure de capacité relative audit élément de sculpture (61) en déterminant la fréquence d'accord d'un circuit oscillant passif (80) comportant au moins un condensateur formé par ledit élément de sculpture (61) et une inductance (81) reliée audit condensateur dans la bande de roulement (60) de ladite enveloppe, au moyen d'un circuit d'interrogation (70) qui est monté sur ladite roue ou sur une partie fixe dudit véhicule qui est adjacente à ladite roue.

4) Élément d'une sculpture (1, 11, 21, 31, 61) de bande de roulement (60) pour enveloppe de pneumatique, ledit élément (1, 11, 21, 31, 61) comportant une base (2, 12, 22, 32) et un sommet (3, 13, 23, 33) qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale (4, 14, 24, 34) et qui définissent la hauteur (H) dudit élément (1, 11, 21, 31, 61), ledit sommet (3, 13, 23, 33) étant destiné, lors du roulage de ladite enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact à un moment ou à un autre avec ledit sol,

caractérisé en ce que ledit élément (1, 11, 21, 31, 61) comporte n couches conductrices (5a, 5b, 15a, 15b, 15c, 25a, 25b, 35a, 35b, 65a, 65b) mutuellement en

regard et de même hauteur (n entier ≥ 2) et $n-1$ couche(s) isolante(s) (6, 16a, 16b, 26, 36, 66) qui sont respectivement constituées de compositions de caoutchouc électriquement conductrices et isolante(s), deux couches conductrices adjacentes (5a et 5b, 15a et 15b, 15b et 15c, 25a et 25b, 35a et 35b, 65a et 65b) étant séparées entre elles
 5 par une couche isolante (6, 16a, 16b, 26, 36, 66) qui les recouvre en totalité (cas (i)) ou en partie (cas (ii)) dans une direction normale à celle dudit sommet (3, 13, 23, 33), de telle manière que ledit élément (1, 11, 21, 31, 61) définisse au moins un condensateur dans ledit cas (i) ou au moins une résistance électrique dans ledit cas (ii) présentant respectivement une valeur de capacité ou de résistance qui est représentative de la
 10 hauteur (H) dudit élément (1, 11, 21, 31, 61).

5) Elément d'une sculpture (1, 11, 21, 31, 61) de bande de roulement (60) selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdites couches conductrices (5a, 5b, 15a, 15b, 15c, 25a, 25b, 35a, 35b, 65a, 65b) sont toutes de niveau avec ledit sommet (3, 13, 23, 33) et en ce que ladite ou chaque couche isolante (6, 16a, 16b, 26, 36, 66) est de niveau
 15 avec ledit sommet (3, 13, 23, 33) dans ledit cas (i) et est en retrait dudit sommet (3, 13, 23, 33) dans ledit cas (ii).

6) Elément d'une sculpture (1, 11, 21, 31, 61) de bande de roulement (60) selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que lesdites couches conductrices (5a, 5b, 15a, 15b, 15c, 25a, 25b, 35a, 35b, 65a, 65b), d'une part, et ladite ou chaque couche isolante (6, 16a, 16b, 26, 36, 66), d'autre part, sont de niveau avec ladite base (2, 12, 22, 32).

7) Elément d'une sculpture (1, 11, 31, 61) de bande de roulement (60) selon une
 25 des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que lesdites couches conductrices (5a, 5b, 15a, 15b, 35a, 35b, 65a, 65b) et isolante(s) (6, 16a, 16b, 36, 66) sont rectangulaires et empilées l'une sur l'autre, de manière à conférer audit élément (1, 11, 31, 61) une forme parallélépipédique.

8) Elément d'une sculpture (21) de bande de roulement (60) selon une des
 30 revendications 4 à 6, caractérisé en ce que lesdites couches conductrices (25a, 25b) et



- 21 -

isolante(s) (26) sont cylindriques et positionnées d'une manière coaxiale l'une contre l'autre, de manière à conférer audit élément (21) une géométrie de cylindre plein.

9) Elément d'une sculpture (41) de bande de roulement pour enveloppe de pneumatique, ledit élément (41) comportant une base (42) et un sommet (43) qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale (44) et qui définissent la hauteur (H) dudit élément (41), ledit sommet (43) étant destiné, lors du roulage de ladite enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact avec ledit sol,

caractérisé en ce que ledit élément (41) est constitué d'une composition de caoutchouc électriquement isolante (46) dans laquelle sont noyés au moins deux fils identiques (45a et 45b) parallèles entre eux et électriquement conducteurs, de manière à former au moins un condensateur dont le diélectrique et les armatures sont respectivement formées par ladite composition isolante (46) et lesdits fils (45a et 45b), ledit condensateur présentant une valeur de capacité qui est représentative de la hauteur (H) dudit élément (41).

10) Elément d'une sculpture (41) de bande de roulement selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits fils (45a et 45b) sont de niveau avec ladite base (42), d'une part, et avec ledit sommet (43), d'autre part.

11) Bande de roulement d'une enveloppe de pneumatique, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un élément de sculpture (1, 11, 21, 31, 41) selon l'une des revendications 4 à 10.

12) Bande de roulement selon la revendication 11, caractérisée en ce qu'elle comporte dans sa masse un module électronique d'acquisition qui est connecté audit ou à chaque élément (1, 11, 21, 31, 41) au-dessous de ce dernier et qui est adapté pour mesurer la valeur de capacité ou de résistance dudit ou desdits condensateur(s) dans ledit cas (i) ou de ladite ou desdites résistance(s) dans ledit cas (ii), et pour en déduire la hauteur (H) dudit ou de chaque élément de sculpture (1, 11, 21, 31, 41) lors du roulage de ladite enveloppe de pneumatique.

13) Bande de roulement selon la revendication 12, caractérisée en ce que ledit module d'acquisition est en outre adapté pour émettre des signaux représentatifs desdites valeurs de capacité ou de résistance en direction d'une unité centrale montée à l'intérieur d'un véhicule équipé de ladite enveloppe de pneumatique.

14) Enveloppe de pneumatique, caractérisé en ce qu'elle comporte une bande de roulement selon une des revendications 11 à 13.

15) Ensemble monté pour véhicule automobile comportant une enveloppe de pneumatique et une roue montée sur ladite enveloppe, ladite enveloppe comportant une bande de roulement comportant des éléments de sculpture (61) comportant chacun une base (2, 12, 22) et un sommet (3, 13, 23) qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale (4, 14, 24) et qui définissent la hauteur (H) dudit élément (61), ledit sommet (3, 13, 23) étant destiné, lors du roulage de ladite enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact à un moment ou à un autre avec ledit sol,

caractérisé en ce que l'un au moins des éléments de sculpture (61) de ladite enveloppe comporte n couches conductrices (65a, 65b) mutuellement en regard et de même hauteur (n entier ≥ 2) et $n-1$ couche(s) isolante(s) (66) qui sont respectivement constituées de compositions de caoutchouc électriquement conductrices et isolante(s), deux couches conductrices adjacentes (65a et 65b) étant séparées entre elles par une couche isolante (66) qui les recouvre en totalité dans une direction normale à celle dudit sommet (3, 13, 23), de manière que ledit élément (61) définisse un condensateur présentant une valeur de capacité qui est représentative de la hauteur (H) dudit élément (61) à cet instant,

ladite bande de roulement (60) comportant dans sa masse un circuit oscillant (80) comportant une inductance (81) montée en dessous dudit élément de sculpture (61) et ledit condensateur aux armatures (65a, 65b) duquel ladite inductance (81) est reliée, ledit circuit oscillant (80) étant couplé à un circuit d'interrogation (70) monté solidaire de ladite roue, ledit circuit d'interrogation (70) étant pourvu d'un générateur d'énergie à balayage de fréquence (71) et de moyens de détection (75) prévus pour détecter la



- 23 -

fréquence d'accord entre lesdits circuits (70 et 80), pour déduire de cette fréquence d'accord la valeur de capacité dudit condensateur (61), et pour déduire de cette valeur de capacité la hauteur (H) dudit élément de sculpture (61).

5 16) Ensemble monté selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit circuit d'interrogation (70) comporte un générateur d'énergie à balayage de fréquence (71), un condensateur (73), une inductance (74) couplée à ladite inductance (81) dudit circuit oscillant (80) et une résistance (72).

10 17) Ensemble monté selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que lesdits moyens de détection (75) de ladite fréquence d'accord sont montés aux bornes de ladite résistance (75) pour mesurer la tension auxdites bornes.

15 18) Véhicule automobile équipé d'enveloppes de pneumatique dont les bandes de roulement (60) respectives comportent chacune des éléments de sculpture (61) comportant chacun une base (2, 12, 22) et un sommet (3, 13, 23) qui sont reliés entre eux par au moins une face latérale (4, 14, 24) et qui définissent la hauteur (H) dudit élément (61), ledit sommet (3, 13, 23) étant destiné, lors du roulage de ladite enveloppe sur un sol de roulage, à être en contact à un moment ou à un autre avec ledit sol,

20 caractérisé en ce que l'un au moins des éléments de sculpture (61) de l'une au moins desdites enveloppes comporte n couches conductrices (65a, 65b) mutuellement en regard et de même hauteur (n entier ≥ 2) et $n-1$ couche(s) isolante(s) (66) qui sont respectivement constituées de compositions de caoutchouc électriquement conductrices et isolante(s), deux couches conductrices adjacentes (65a et 65b) étant séparées entre
25 elles par une couche isolante (66) qui les recouvre en totalité dans une direction normale à celle dudit sommet (3, 13, 23), de manière que ledit élément (61) définisse un condensateur présentant une valeur de capacité qui est représentative de la hauteur (H) dudit élément (61),

30 la bande de roulement (60) de ladite ou chaque enveloppe comportant dans sa masse un circuit oscillant (80) comportant une inductance (81) montée en dessous dudit élément de sculpture (61) et ledit condensateur aux armatures (65a, 65b) duquel ladite

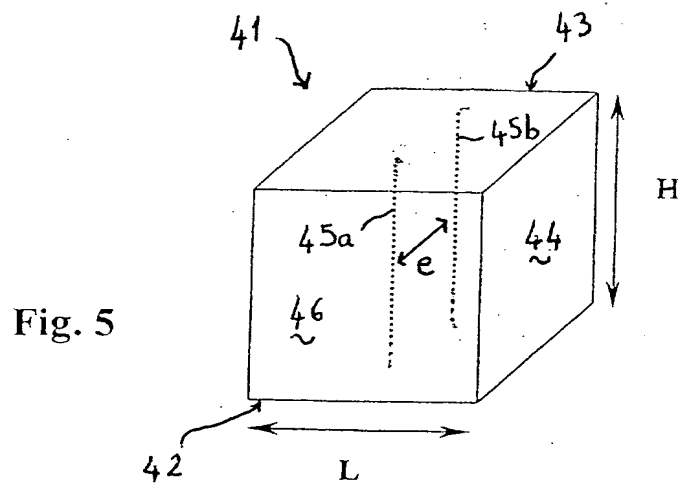
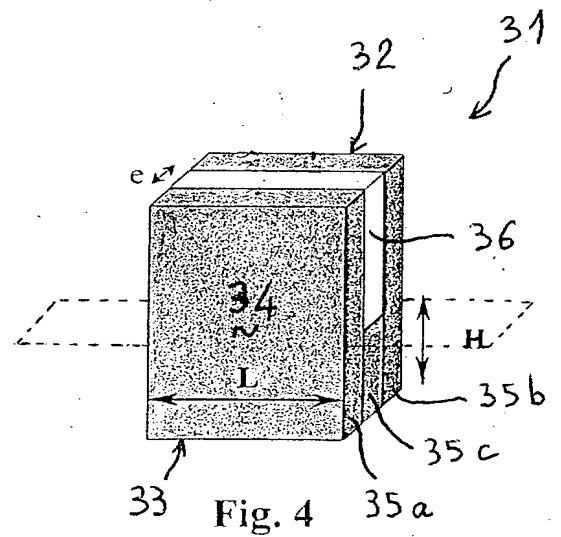
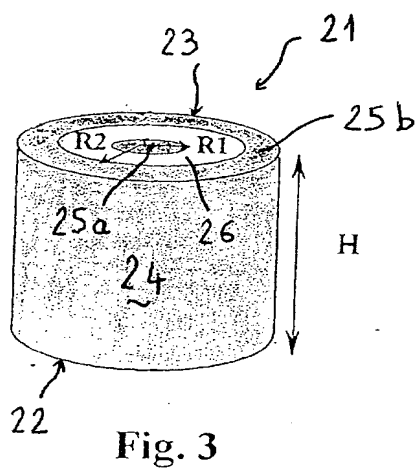
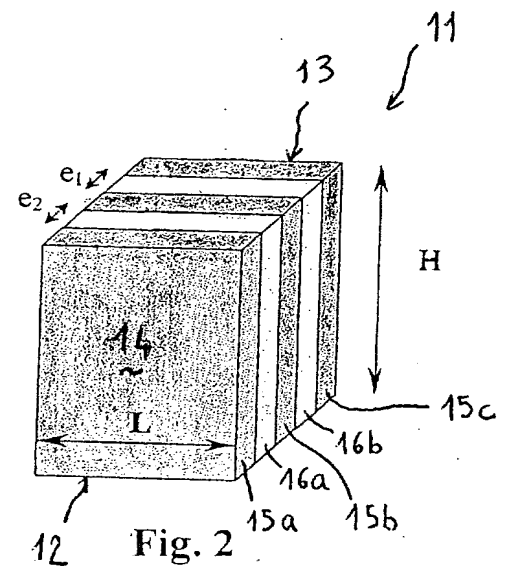
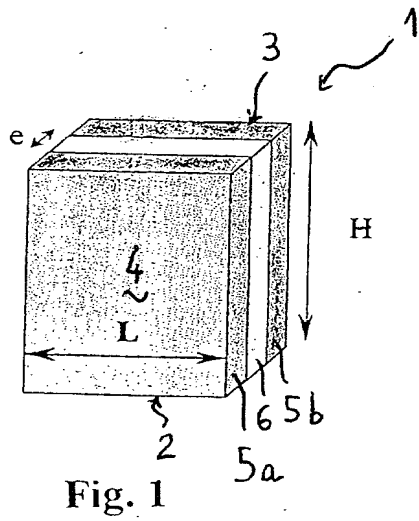
- 24 -

inductance (81) est reliée, ledit circuit oscillant (80) étant couplé à un circuit d'interrogation (70) solidaire d'une partie fixe dudit véhicule et adjacente à ladite enveloppe, ledit circuit d'interrogation (70) étant pourvu d'un générateur d'énergie à balayage de fréquence (71) et de moyens de détection (75) prévus pour détecter la
5 fréquence d'accord entre lesdits circuits (70 et 80), pour déduire de cette fréquence d'accord la valeur de capacité dudit condensateur (61), et pour déduire de cette valeur de capacité la hauteur (H) dudit élément de sculpture (61).

19) Véhicule automobile selon la revendication 18, caractérisé en ce que ledit
10 circuit d'interrogation (70) comporte un générateur d'énergie à balayage de fréquence (71), un condensateur (73), une inductance (74) couplée à ladite inductance (81) dudit circuit oscillant (80) et une résistance (72).

20) Véhicule automobile selon la revendication 19, caractérisé en ce que lesdits
15 moyens de détection (75) de ladite fréquence d'accord sont montés aux bornes de ladite résistance (72) pour mesurer la tension auxdites bornes.

Pl. 1/5



Pl. 2/5

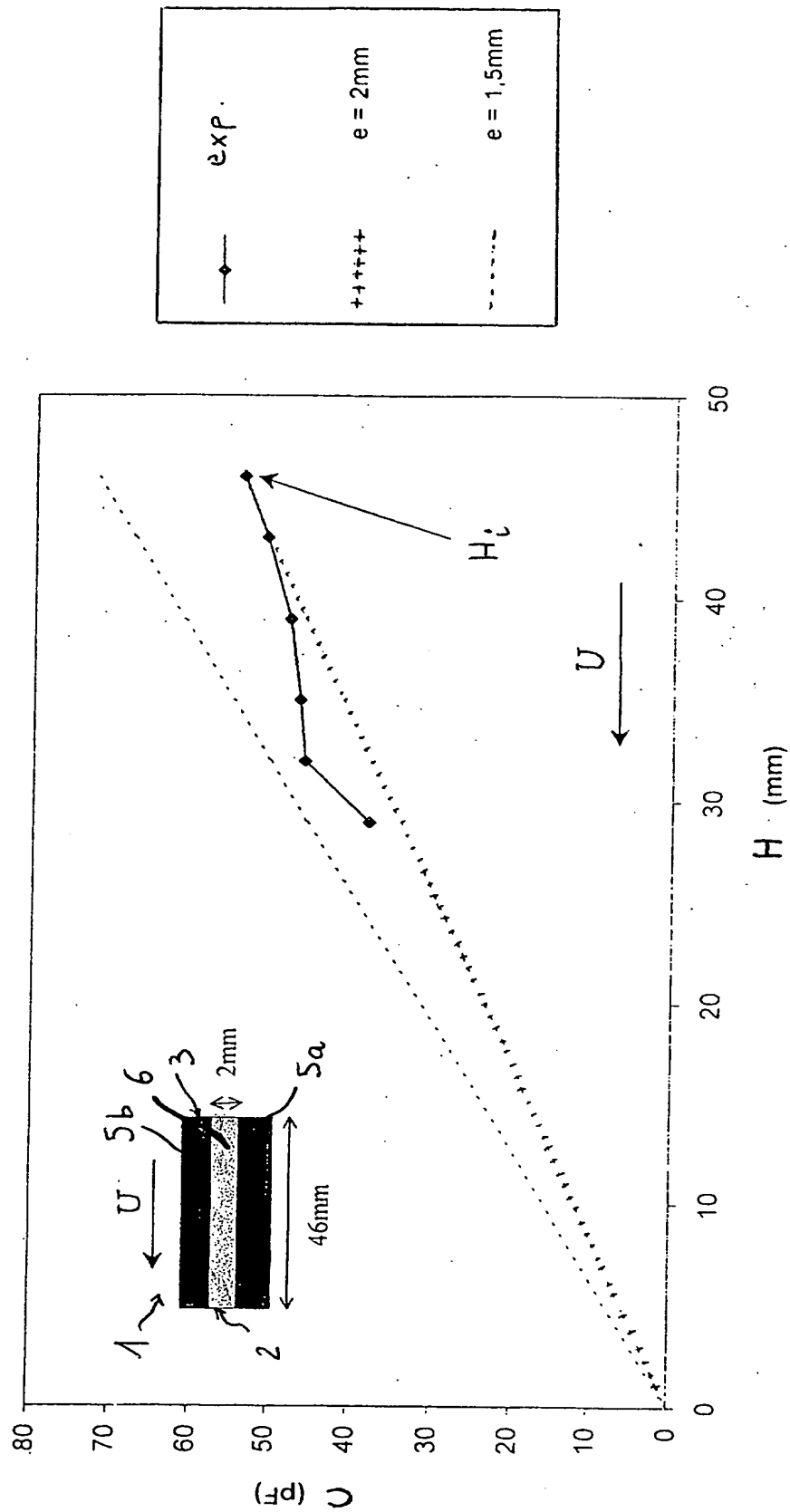


Fig. 6

Pl. 3/5

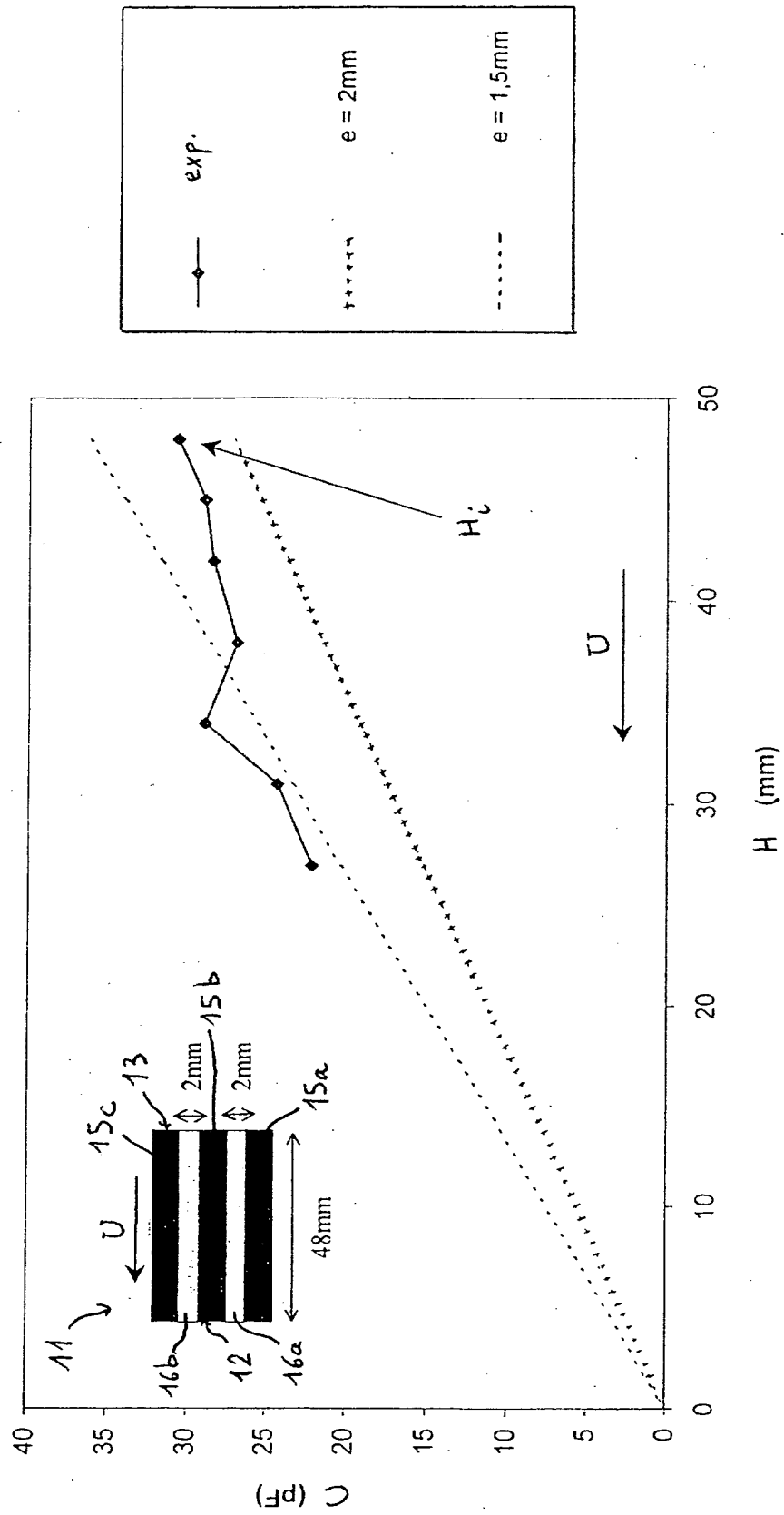


Fig. 7

Pl. 4/5

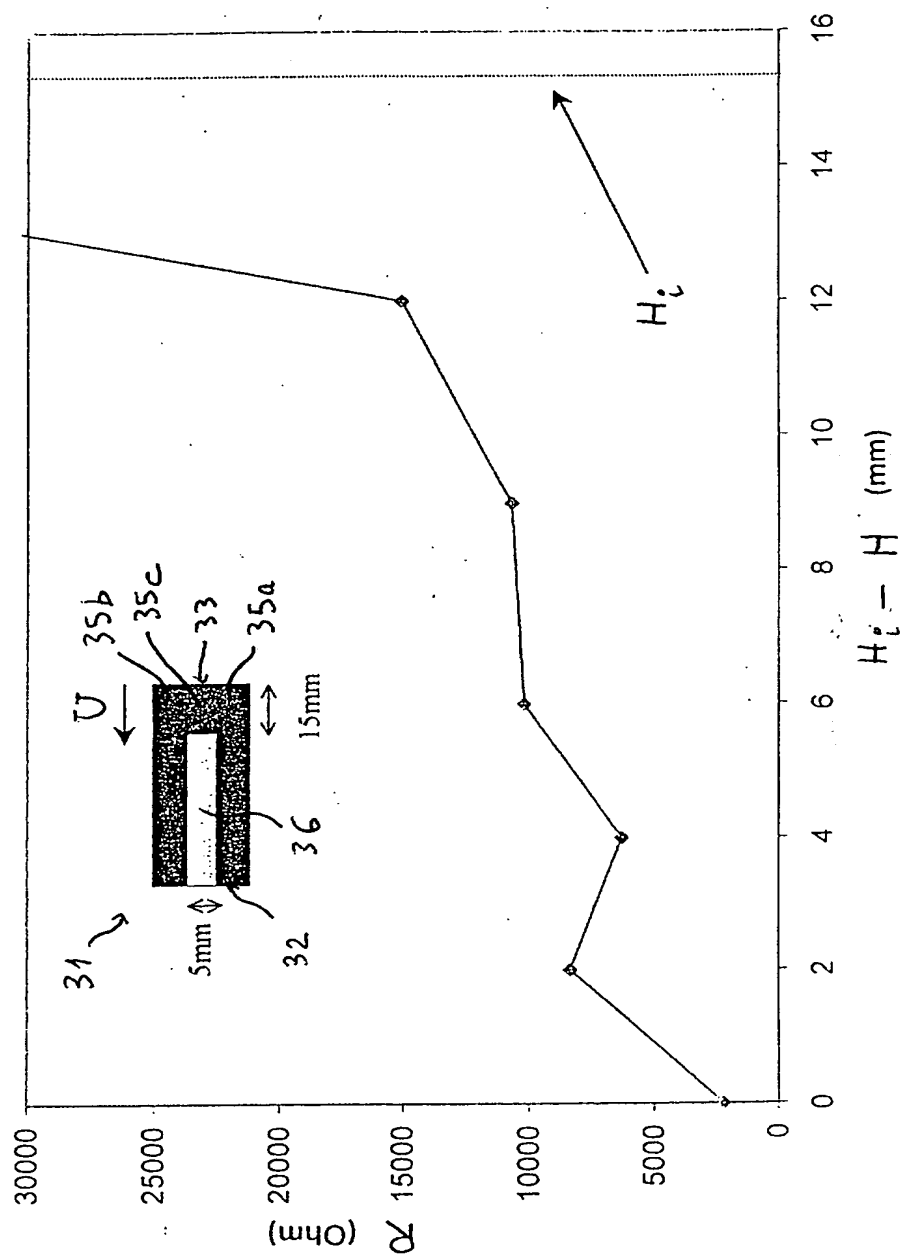


Fig. 8

Pl. 5/5

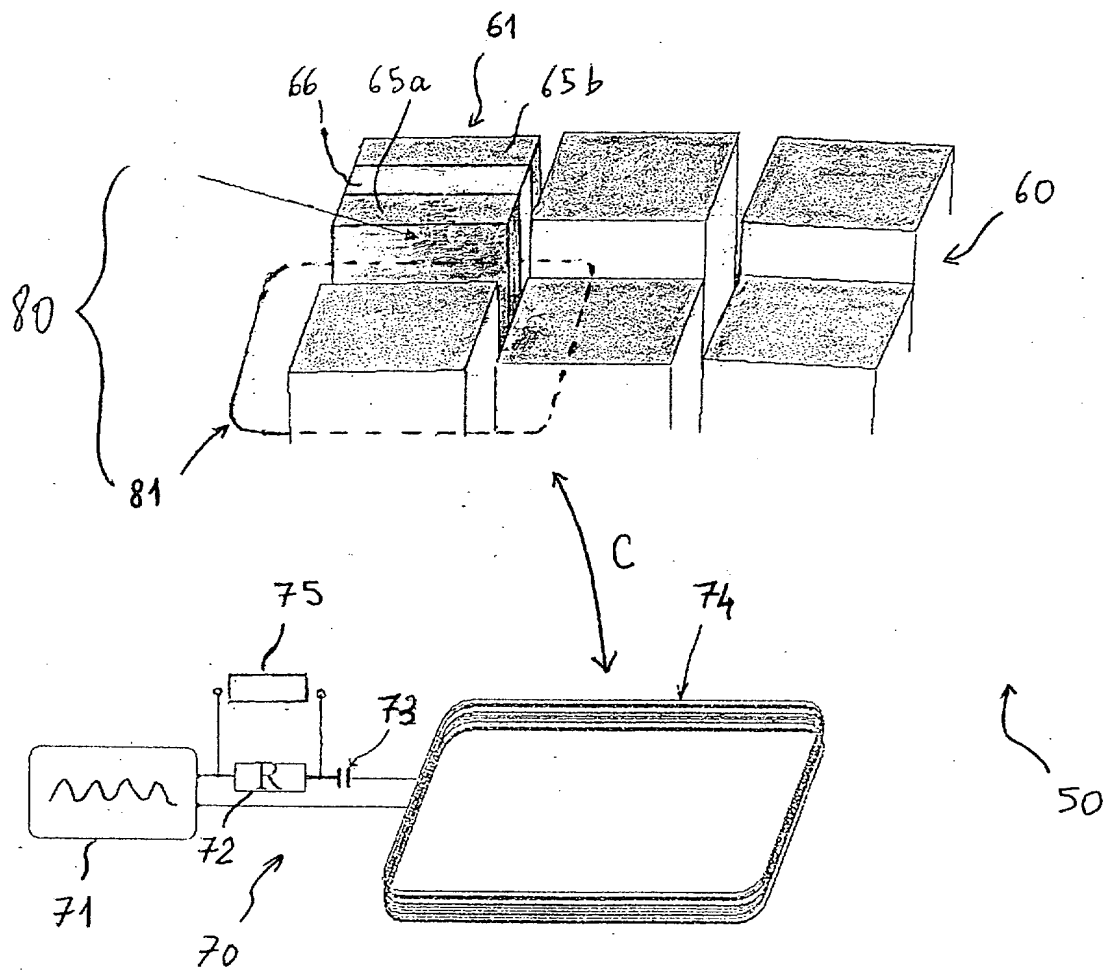


Fig. 9